

千葉経済大学短期大学部  
研究紀要 第3号 9～18 (2007)

## 気候変動に対する植生の応答 (I)

栗駒山世界谷地湿原の花粉分析学的研究

内 山 隆 ・ 江 上 邦 博

## Responses of vegetation for climatic changes ( I )

Palynological Study of Sekai-yachi moor at Mt.Kurikoma

Takashi UCHIYAMA, Kunihiro EGAMI

### Abstract

Some isolation plant communities are considered as the relicts in the reduction under climatic changes, whereas the small population has a possibility to expand in the present limits. And the flora of Tohoku district is discussed as the coexistence with cold district plants and warm district plants. The warm district plants are grouped into two categories. One of them is originated in the former interglacial period and the other one is originated in the postglacial period. On the vegetation history, pollen analytical study revealed the movement of forest zones under the climatic changes. However, the some present trees did not compose many of remains of the conifer that piled up at the Last Glacial Maximum period (LGM). The present sub alpine and montane conifers might be minor elements in that time. When we get some correct information about the gene relationships, we will be able to estimate the speed of the movement of plant community by adding the pollen analytical data.

In this study, we analyzed the sediments of the LGM period at Tochigi (Minami-nasu machi) and Miyagi (Sekai-yachi moor) prefecture to speculate the vegetation and also, compared the size of hemlock (*Tsuga*) pollen ratio with the outer and inner diameter to investigate the species.

Those results are as following that, the main pollen taxa are *Pinus* (haploxylon type), *Picea*, *Tsuga*, *Betula*, *Corylus* and they are accompanied with *Fagus crenata*, *Quercus* and *Tilia*. Judging from the above pollen composition, both areas were covered by mixed forest consisted of conifer and deciduous broad-leaved trees at the LGM (ca. 18,000 years before). And the mixed forest included the both pollen types (*Tsuga Sieboldii*, *T. diversifolia*), but the former (*T.S.*) was lost in the late glacial period at both areas. And the vegetation indicated a tendency to increase grassland and coniferous trees within the forests in the north.

Key-words: pollen analysis, climatic changes, LGM, Sekai-yachi moor

### はじめに

隔離分布している小規模個体群は縮小過程にある遺存分布とみなされるが、個体群全体の存続に機能するメタ個体群ともみなしうる。米国東部のカエデ (red maple)

とブナ (American beech) の個体群の遺伝的系統関係を対象として、氷期のレフュージアを起点とした移動距離を推定した研究 (J. McLachlan, et.al. 2005) は小規模個体群の空間的な系統関係が判明すれば、花粉化石など植

生変遷の結果に示される時間的な情報の中から、小規模個体群の移動経路や移動速度の推定が可能になることを示している。

一方、東北地方のフロラに関しては、寒地系植物群や暖地系植物群などの混在が認められ、移動の途上における分化を含めたフロラの形成が論じられている。しかも、暖地系植物群には最終氷期以前に分布があつて、氷期にも残存しえたより起源の古い植物群と後氷期の温暖化とともに北上してきた比較的新しい植物群の2群に類別されている(大橋, 1987)。このように現存するフロラの知見からは残存した種群の履歴が問題となるが、減少あるいは消滅した植物群の存在にも注意が必要であろう。たとえば、現在紀伊半島以西に分布の中心をもち福島県に隔離分布しているコウヤマキ(*Sciadopitys verticillata*)は、東北地方において最終氷期初期から後氷期に連続する堆積物に、他の針葉樹とともに、その花粉化石が連続した出現を示している(Sohma, 1984)。また、東北地方太平洋側の低地の花粉分析結果にも低率ながら約4000年前からの連続的出現が示されており(内山, 2003)、内陸部から沿岸域まで広く分布していた可能性がある。また、コウヤマキ同様その主要な分布域が関東以西の山地帯にあるツガ(*Tsuga Sieboldii*)もかつて分布域を拡大していた可能性があり、東北地方においてもツガの分布を含めた植生変遷を論じる必要がある。東北地方南部の過去5万年の植生変遷を総括的に扱った研究(守田・藤木, 1997)によれば、2.5~1.5万年前にはサハリンや北海道を含む北日本と共通する北方系針葉樹と本州系の亜寒帯性針葉樹によって占められていたとされ、温帯性針葉樹については言及されていない。また、氷期には「亜寒帯性針葉樹林」が広範囲の森林帯として想定されてきた。

本研究は、栃木県南那須町(海拔100m)の最終氷期最盛期(約1.8万年前)の堆積物の花粉分析から得た針葉樹花粉が優占する花粉帯に含まれるツガ属花粉の検討結果(内山・江上, 2004)をふまえ、宮城県世界谷地湿原(海拔700m)の最寒冷期の針葉樹を主とする花粉帯の構成内容を検討した。

## 1. 堆積物と年代測定(図1) 世界谷地(上田代下谷地)

花粉分析に用いた試料は、1979年10月29日にヒラー型ボーラーによって上田代下谷地(北緯38° 54' 42", 東経140° 48' 23")で採取し風乾状態で保管していたものであり、その一部を花粉分析および年代測定に使用した。

分析用試料(約5g)はKOH-アセトリシス法、塩化亜鉛比重分析法(比重1.62)を併用し、グリセリンジェリーを加えプレパラートを作成した。検鏡は、顕微鏡(オリンパスBX51)にノマルスキー式微分干渉装置を加え対物レンズ(UPlan Apo 40×Oil Iris)と接眼レンズ(WH10×)を組み合わせた400倍で観察し樹木花粉総数300粒を基準にして計数を行い各花粉型の出現率を求めた。また、ツガ属等の花粉形態を精査するために対物レンズ(UPlan Apo100×Oil Iris)を用いて適宜1000倍の倍率で観察し計測をおこなった。

放射性炭素による年代測定は加速器分析研究所に依頼した。そこでは加速器質量分析法(AMS)、液体シンチレ

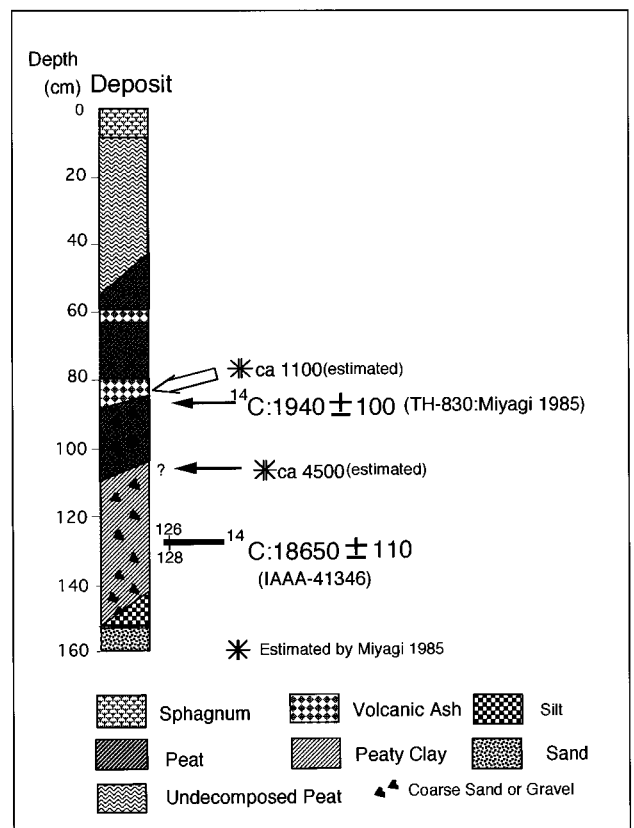


Fig. 1 The stratigraphic profiles and estimated ages. Sekai-yachi moor, Miyagi Prefecture

図1 堆積物層序と推定年代。宮城県世界谷地湿原

ーションカウンタによる $\beta$ -線計数法( $\beta$ )をサンプルに合わせて使用した。深さ126~128cmの有機質に富む試料を年代測定した結果、 $18650 \pm 110$  (IAAA-41346)の年代値を得た。

これまでに報告された湿原全体のボーリング調査結果では、層厚1~3cmの灰白色ガラス質の火山灰が深さ1m前後に同定され、その深度は変化する(0.5mから1.5m)が黒色土中の鍵層になっており、この火山灰の降下年代は、約1100年前(十和田a)とされている。この火山灰を含む上下2枚の泥炭層は一連の堆積物と考えられ、「世界谷地層」と定義されている。その堆積開始年代は約4500年前と推定されているが、さらに下位泥炭層直下の粘土層の下位にも有機質を含む層準が出現する場合がある。この下部の有機質に富む「古世界谷地層」と上部の泥炭層(「世界谷地層」)とは不整合に堆積した関係にあり(宮城, 1985)、氷期からの連続的な植生変遷を論じることができない。ただし、この下部有機質堆積物の花粉分析では針葉樹花粉の卓越する花粉組成が上田代下谷地(内山, 1980)や上田代東谷地湿原の結果(日比野, 1985)に示されており、氷期の植生に由来するものと考えられてきた。東北地方に現存する亜高山帯の針葉樹の樹種構成をふまえて、日比野(1985)は *Picea* (トウヒ属) や *Larix* (カラマツ属), *Abies* (モミ属) からなる花粉帯について、東北地方では種として該当するものはなく当時の森林の構成や量的配分は不明であるとしている。

本研究では分析試料中の火山灰を再検討した結果、深さ80~90cm部分に明らかな灰白色火山灰層が認められたが、試料採取時に認めていた上部火山灰層(55~60cm)は、層として再度の確認ができなかったために二次的な堆積と判断し、鍵層としての火山灰層は深さ80~90cmのみと修正する。火山灰層直上から表層までの堆積速度はほぼ一定として深さ40cm付近を約500年前に設定した。また、「世界谷地層」と「古世界谷地層」との境界も不明瞭であったが、花粉分布図の変化を考慮して深さ100cm付近を境界とし約4500年前に設定した。この他、深さ127cmの年代値(約1.9万年前)を基準として上下を整合として判断したが、花粉分析結果が類似する上田代東谷地の基底の年代(約16600年前)を考慮すれば、この花粉帯の示す植生の持続していた期間は約1.9~1.7万年前の少

なくとも2000年間と見積られる。ただし、氷期に遡る泥炭層の成立年代については今後の課題としておく。

## 2. 調査地の概要

世界谷地湿原は栗駒山南側の大地森(1154.9m)と揚石山(869.4m)の中間の海拔710~670mに広がる大小8つの湿原群であり、上(奥田代)・中(上田代)・下(下田代)の三段に分かれ、海拔1100m付近までブナ林で覆われている。

栗駒山南面の植生の垂直分布は、落葉広葉樹林帯が海拔1100mまで占めており、その上部は亜高山帯とされ低木林帯になるが秣岳の南部にアオモリトドマツの遺存的な小林分があるだけでアオモリトドマツ林の発達は見られない(平吹, 2001, 八重樫他, 2002)。また、海拔1400m以上にはハイマツ群落が分布するが、その種類組成からは高山帯を指標する植生には入らない(菅原・飯泉, 1987)とされている。

## 3. 花粉分析結果

### 1) 世界谷地(図2)

主要な出現を示した樹木花粉の消長と推定された年代をもとに識別した花粉帯は以下のとおりである。

深さ (cm)	推定年代	主要な花粉分類群	局地花粉帯
0~40	~約 500 年前	ブナ／コナラ亜属／ 二葉性マツ属	Se-4
50~80	~約 1000 年前	コナラ亜属／ブナ属／ モチノキ属	Se-3
90~100	約 2000 年～ 約 4500 年前	カバノキ属／ブナ属／ コナラ亜属／マツ科針葉樹	Se-2
110~145	約 1.9 万年前 前後	ツガ属／五葉性マツ属／ トウヒ属／カバノキ属	Se-1

最下部の花粉帯(Se-1)は五葉性マツ属、トウヒ属、ツガ属などの針葉樹とカバノキ属が主要な構成種であり、ブナやコナラ亜属も低率ながら含んでいる。約4500年前以降、約2000年前にかけての年代に相当する花粉帯(Se-2)は、後氷期の最温暖期以降の冷温化に成立した植生を反映するものと考えられるが、カバノキ属を主としてツガ属、ブナ属、ハシバミ属、コナラ亜属などが主要な構成種であり、針広混交林の様相を示している。ただし、

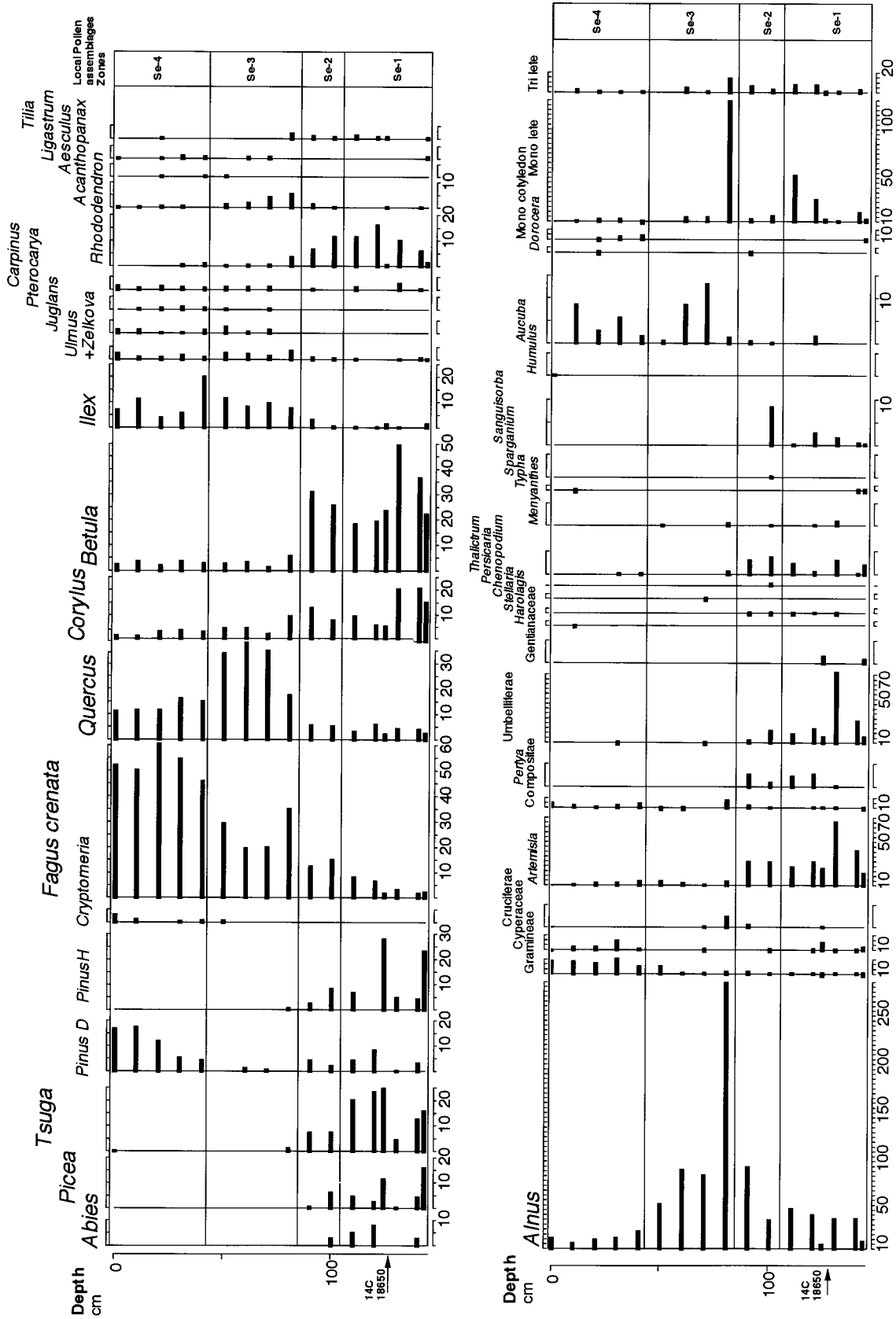


Fig. 2 Pollen diagrams of the Sekai-yachi moor. Pollen percentages are based on the arboreal pollen without *Alnus*.

図2 宮城県世界谷地湿原の花粉分布図。出現率はハンノキ属をのぞいた高木花粉の総数を基数とした百分率。

この花粉帯の上部にかけて針葉樹が減少し、特にモミ属の減少が著しく上部の花粉帯では消失する。

約1100年前の降下火山灰の直上からの花粉帯（Se-3）はコナラ亜属とブナ属を主とする組成となりブナ林の優占的な植生を示している。

約500年前以降、現在にかけての植生を反映する花粉帯（Se-4）では、ブナ属が優占的な出現を示す他、二葉性マツ属の増加およびスギの連続的な出現さらには草本花粉の中でもイネ科花粉の連続的な出現があり、人為による森林伐採やスギの植林や水田農耕の影響が示されている。

## 2) 南那須町

栃木県南部の分析地点（北緯36° 40′ 27.8″，東経140° 02′ 09.9″ 海拔160m）周辺の山地帯を含む半径30km内には、その潜在自然植生としてシラカシ群集、シキミーモミ群集、イヌブナを含む群集が位置づけられ、さらに50km以内の足尾山地や那須連山にはブナを含む群集や山頂付近のシラビソオオシラビソ群集までが想定され、低地の暖温帯上部から中間温帯、さらに山地帯、亜高山帯までの森林植生がそろっている（宮脇,1987）。花粉分析および年代測定の結果（内山・江上，2004）から最終氷期に相当する花粉帯（MI3およびMI2）は次のようにまとめられる。

深さ (cm)	推定年代	主要な花粉分類群	局地花粉帯
254	約 1.4 万年前	トウヒ属／五葉性マツ属／ツガ属／モミ属	MI-3
260 270 290	約 1.9 万年前 約 1.9 万年前以前	五葉性マツ属／カバノキ属／トウヒ属／ハシバミ属／シナノキ属 + コナラ亜属 + ブナ・イヌブナ	MI-2

深さ260cm以深のMI2花粉帯では五葉性マツ属を主としてカバノキ属をはじめとする多様な広葉樹が含まれており、カバノキ属を除いた広葉樹が一様に減少するMI3花粉帯とは異なり、この当時にはブナを含む汎針広混交林（山中，1979）の成立が想定される。

## 3) ツガ属花粉の粒径分布（表1・2）

世界谷地湿原では約1.9万年前の前後の年代に相当する深さ143cmと124cmの層準のツガ属花粉について、識別

基準（高原，1992）に従って花粉粒径の測定をおこなった。各試料から測定可能な花粉30粒を任意に選び1000倍の倍率で測定した結果（表1），各花粉型の割合は以下のようにまとめられた。

深さ (cm)	測定花粉粒数 (n)	コメツガ型 (%)	ツガ型 (%)	中間型 (%)
124	30	25 (83.3)	1 (3.3)	4 (13.3)
143	30	15 (50.0)	6 (20.0)	9 (30.0)

約1.9万年以前の年代に相当する深さ143cmの場合、コメツガ型15粒、ツガ型6粒、中間型9粒に分類できたが、深さ124cmでは、ほとんどがコメツガ型（25粒）になり、ツガ型（1粒）、中間型（4粒）となった。それぞれの型がコメツガおよびツガに由来するものであれば、コメツガ林の拡大への変化と見られる。また、中間の深さ130cmではカバノキ属やハシバミ属の比率が一時的に高く針葉樹花粉が減少しており、最下部の花粉帯（Se-1）では下部から上部にかけて広葉樹の減少と針葉樹の増加への変化が認められる。ただし、この一時的なカバノキ属などの増加期は草本花粉のヨモギ属およびセリ科花粉の増加が同調しており、何らかの攪乱による草地の拡大を示しており、カバノキ属花粉の増加は草地の拡大に連動するものとみなせる。この針葉樹花粉によって代表される最下部の花粉帯は、上部にかけてコメツガ型が優占することから、コメツガ林の拡大がより寡雪で寒冷な気候に変化する中で生じたものであろう。

一方、南那須町の場合、ツガ型花粉の粒径測定の結果（表2）から各花粉型は、以下のようにまとめられる。

深さ (cm)	測定花粉粒数 (n)	コメツガ型 (%)	ツガ型 (%)	中間型 (%)
254	18	17 (94.4)	0	1 (5.5)
260	20	18 (90.0)	0	2 (10.0)
270	25	11 (44.0)	9 (36.0)	5 (20.0)
290	25	17 (68.0)	2 (8.0)	6 (24.0)

約1.9万年以前の年代に相当する深さ270cm以深の場合、コメツガ型が多いもののツガ型を含み中間型の割合も比

Table 1. The Size distribution of fossil pollen of hemlock spruce (*Tsuga*) in the samples taken from Sekai-yachi moor. A : shows the equatorial diameter with the external attachment ( $\mu\text{m}$ ) . B : shows the equatorial diameter without the external attachment ( $\mu\text{m}$ ) . C : shows the ratio of A : B.  $C < 1.25$  (*Tsuga sieboldii* pollen type) ,  $C > 1.20$  (*Tsuga diversifolia* type) by Takahara (1992) ,

表1. 世界谷地湿原試料におけるツガ属花粉化石の粒径分布 A : 外縁の付属部分を含めた直径, B : 外縁の付属部分を含めない直径 ( $\mu\text{m}$ ) C : Bに対するAの割合,  $C < 1.25$  (ツガ型),  $C > 1.20$  (コメツガ型) (基準は高原, 1992による)

-124 cm	A	B	C = A/B	C < 1.25	C > 1.20	-143 cm	A	B	C = A/B	C < 1.25	C > 1.20
	110	97	1.134				125	110	1.136		
	107	89	1.202				98	86	1.140		
	102	83	1.229				100	87	1.149		
	120	96	1.250				113	97	1.165		
	125	100	1.250				100	84	1.190		
	108	86	1.256				87	73	1.192		
	93	74	1.257				77	64	1.203		
	82	65	1.262				113	93	1.215		
	109	86	1.267				116	95	1.221		
	108	85	1.271				120	98	1.224		
	115	90	1.278				123	100	1.230		
	133	104	1.279				84	68	1.235		
	116	90	1.289				125	101	1.238		
	124	96	1.292				124	100	1.240		
	114	88	1.295				120	96	1.250		
	130	100	1.300				113	90	1.256		
	104	80	1.300				98	78	1.256		
	98	75	1.307				121	96	1.260		
	70	53	1.321				120	95	1.263		
	115	86	1.337				119	93	1.280		
	110	82	1.341				100	78	1.282		
	117	87	1.345				132	97	1.361		
	125	92	1.359				120	88	1.364		
	120	87	1.379				123	90	1.367		
	105	76	1.382				110	80	1.375		
	128	92	1.391				80	58	1.379		
	76	52	1.462				94	68	1.382		
	117	80	1.463				121	87	1.391		
	77	52	1.481				118	84	1.405		
	72	47	1.532				90	60	1.500		

Table 2. The Size distribution of fossil pollen of hemlock spruce (*Tsuga*) in the samples taken from Minaminasumachi. A : shows the equatorial diameter with the external attachment ( $\mu\text{m}$ ) . B : shows the equatorial diameter without the external attachment ( $\mu\text{m}$ ) . C : shows the ratio of A : B.  $C < 1.25$  (*Tsuga sieboldii* pollen type) ,  $C > 1.20$  (*Tsuga diversifolia* type) by Takahara (1992) ,

表2 南那須町の試料におけるツガ属花粉化石の粒径分布 A : 外縁の付属部分を含めた直径, B : 外縁の付属部分を含めない直径 ( $\mu\text{m}$ ) C : Bに対するAの割合,  $C < 1.25$  (ツガ型),  $C > 1.20$  (コメツガ型) (基準は高原, 1992による)

-254 cm	A	B	C = A/B	C < 1.25	C > 1.20	-260 cm	A	B	C = A/B	C < 1.25	C > 1.20	-270 cm	A	B	C	C < 1.25	C > 1.20	-290 cm	A	B	C	C < 1.25	C > 1.20
	156	126	1.238				60	52	1.154				138	132	1.045				116	100	1.160		
	129	103	1.252				100	86	1.163				115	105	1.095				108	91	1.187		
	136	106	1.283				145	118	1.229				122	109	1.119				113	93	1.215		
	90	70	1.286				123	95	1.295				139	123	1.130				132	108	1.222		
	100	77	1.299				72	55	1.309				117	102	1.147				123	100	1.230		
	78	60	1.300				77	58	1.328				117	101	1.158				118	95	1.242		
	76	57	1.333				60	45	1.333				120	102	1.176				81	65	1.246		
	63	46	1.370				90	67	1.343				106	90	1.178				116	93	1.247		
	117	85	1.376				78	58	1.345				85	71	1.197				146	116	1.259		
	75	54	1.389				88	64	1.375				116	96	1.208				70	55	1.273		
	100	70	1.429				72	52	1.385				80	65	1.231				78	61	1.279		
	130	90	1.444				100	72	1.389				94	76	1.237				96	75	1.280		
	130	90	1.444				127	90	1.411				130	105	1.238				118	91	1.297		
	87	60	1.450				75	53	1.415				113	91	1.242				73	56	1.304		
	130	85	1.529				85	60	1.417				113	88	1.284				98	73	1.342		
	124	80	1.550				100	70	1.429				154	119	1.294				129	96	1.344		
	80	51	1.569				68	47	1.447				127	98	1.296				126	93	1.355		
	108	65	1.662				87	58	1.500				104	80	1.300				100	73	1.370		
							78	49	1.592				118	90	1.311				83	60	1.383		
							98	60	1.633				73	55	1.327				83	58	1.431		
							87	53	1.642				55	40	1.375				103	68	1.515		
													90	65	1.385				76	50	1.520		
													150	108	1.389				91	56	1.625		
													188	135	1.393				78	46	1.696		
													106	73	1.452				88	51	1.725		

較的高い。とくに、深さ270cmでは両型の割合はほぼ同率であり、深さ260cm以浅とは大きく異なり約1.9万年前ではツガ型が無くなり、約1.4万年前にかけてこの傾向は続く。それぞれの型がコメツガおよびツガに由来するものであれば、ツガ林の減少およびコメツガ林の拡大を示すことになるが、ツガ属花粉の出現率は深さ260cmで4.5%程度、深さ254cmでも8%程度であり混交林の構成要素のなかで、比較的小規模なツガ個体群が広葉樹の消長と連動した減少を示すものと考えられる。

#### 4. 最終氷期最寒冷期の森林植生

最終氷期最寒冷期の気温環境の推定は、花粉化石や植物遺体などの組成に匹敵する現在の植生帯の海拔高度を気温の低減率におきかえて年平均気温6℃程度の低下と推測されてきた(中村, 1973)。また、氷河、周氷河地形の分布から当時の雪線および周氷河限界を現在の高度から判断してきた。さらに、海底コアの酸素同位体比の変動、公転周期などを総合的にまとめ最終氷期の環境を復元した研究(CLIMAP)では、1.8万年前を最終氷期最盛期(L.G.M.)と推論し、日本付近の1月の平均気温は8℃低下し、7月では2℃の低下が算定されている(H.E.Wright et.al.1993)。これは、日本列島の現在の気温の南北差が夏よりも冬に大きく、氷期にはその度合いがより著しかったとする考え(小疇・岩田, 1987)を支持する結果となっている。さらに、日本周辺の海底コアの浮遊性微化石群の変動からは、約1.1万年前に最寒冷期に匹敵する寒冷期(500年間)が示されている(鎮西, 1987)。これに対して、関東地方の約2.4万年前以降の植生の時間的空間的拡がりについて、辻(1983)は、『2.1万から1.8万年前の寒冷期のあと、約2千年間の小温暖期を迎え』『低山地ではブナやスギが、平地ではハンノキやシデ類が分布拡大した』とまとめている。本研究における2地点の気温環境を特定できる資料はないが、この最寒冷期(約1.8万年前)を含むことから、以上の知見をもとに当時の植生内容を考察する。

両地点ともに、この時代の植生を反映する花粉帯は、それぞれS1(世界谷地)とMI2(南那須町)となり、福島県南部の低地で実施された花粉分析的研究(Sohma, 1984)と同様に、マツ科針葉樹、なかでもトウヒ属・五

葉性マツ属の優占する植生を示している。ただし、検出された全ての花粉・胞子を5つの分類群(FS:シダ胞子, NAP:非樹木花粉, *Alnus*:ハンノキ属花粉, Broad:広葉樹花粉, *Conifer*:針葉樹花粉)に分けた消長(図3)からは、世界谷地の場合、非樹木花粉の割合が高く約1.8万年前では最大で40%に達しており針・広混交林の組成を示すものの草地を含む疎林状態であったことを示している。一方、南那須町においては非樹木花粉の割合は最大でも20%程度であり、比較的に森林状態が維持されていたと見られる。このような針葉樹の豊富な花粉帯が、針・広混交林に類する植生を反映したものとするならば、「関東地方の平地一帯が冷温帯から亜寒帯への推移帯に位置していた」とする推論(辻, 1983)の範囲は、北関東地域から東北地方にかけてさらに拡大していた可能性を示している。ただし、主要な樹種構成では世界谷地では針葉樹が優占的に出現しており、南那須町では低率に留まっていることから、推移帯としての針・広混交林の様相は水平的には東北地方にかけて針葉樹の割合が増大する傾向にあったといえよう。また、両地点ともにツガ型の混在からコメツガ型の優占への変化が1.8万年前以降の時代に認められ、最寒冷期の気温低下と植生の変化における時間的差を考慮することができる。ただし、その応答に要する時間的遅れを推定するためには最寒冷期以降の気温低下や時間的および空間的な差を踏まえた詳細な情報が必要であり、ここでは遅れの事実のみを提示しておく。

一方、両地点周囲の気温環境を比較した場合、植生の多様性を支える地形環境の差異によって気温環境の幅に大きな差異が見いだされた。すなわち、地図情報システム(GIS)をもとに、そのメッシュデータから分析地点を中心とした半径30kmの地形の影響を温度指数の面積に反映させたものが表3である。世界谷地(江上・内山, 2005)では起伏に富んだ地形に応じた広い分布幅をもっており、現在の環境下では60~90m.d.の範囲に分散している。一方、南那須町では100~110m.d.の範囲に集中しており分布幅はせまい。この気温環境の幅は気温を一律に増減させた場合にも、その傾向は保たれるが、仮に5℃低下させると両地域ともに、その主要な温度環境が50~60m.d.に移動する。現在、ツガおよびコメツガの垂

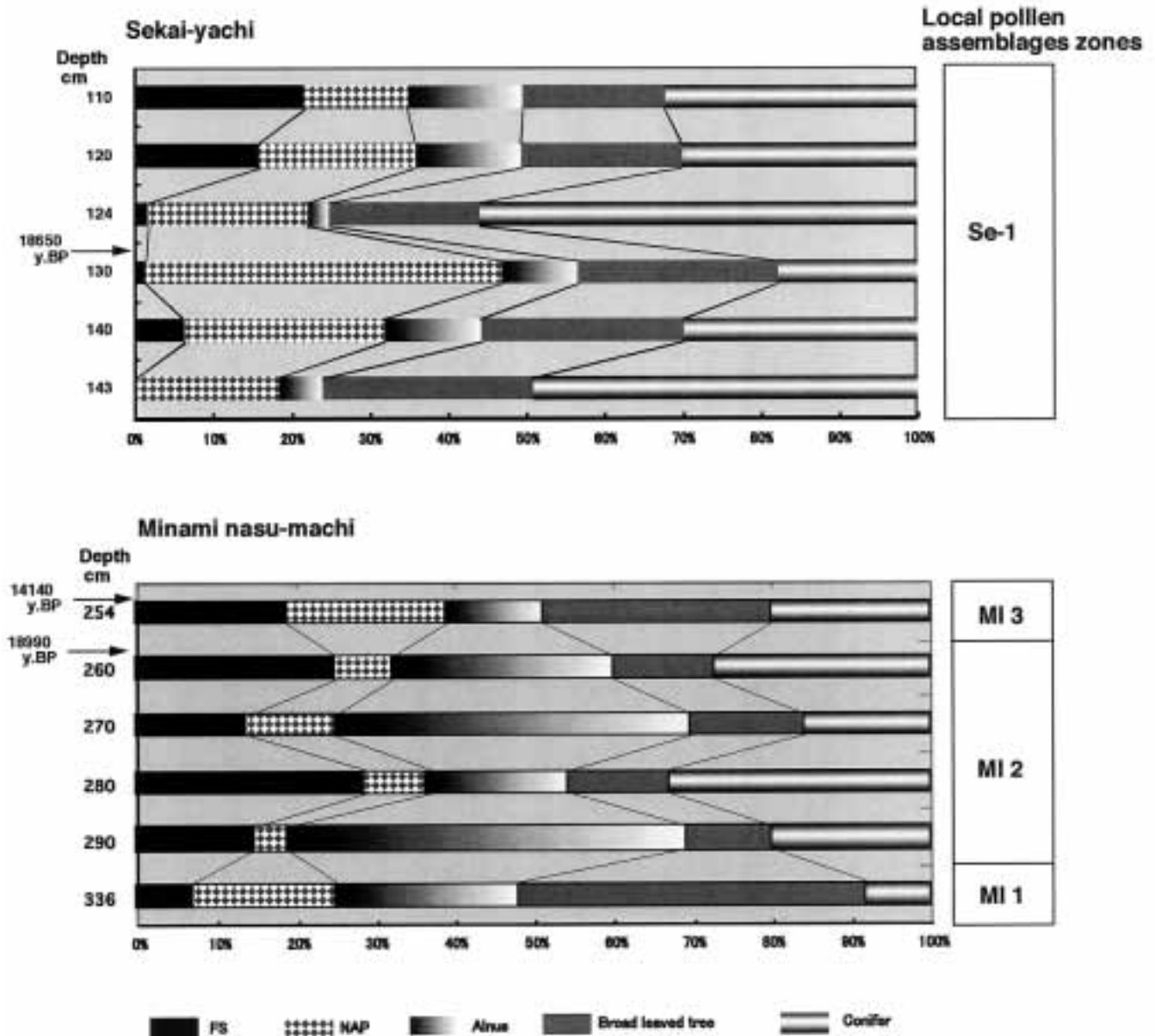


Fig. 3 The composition of samples taken from Sekai-yachi and Minaminasu-machi. FS : NAP ; *Alnus* ; Broad leaved tree ; Conifer, as a percentage of total pollen and spore sum.

図3 世界谷地湿原および南那須町の試料中の構成。シダ孢子：草本花粉：ハンノキ属：広葉樹：針葉樹 各出現率の基数は花粉・孢子総数

直分布における温度領域は55m.d.付近を境界（吉良，1949）としていることから5℃の低下で両種の分布域が接近する環境となり，共存が可能となる。ただし，最寒冷期以前の立川期の大型植物化石の産出状況では，冷温帯要素に含まれる針葉樹が主となりコメツガも全国的に産出しているが，ツガは近畿以西からのみ産出しており（相馬・辻，1987）大型遺体の産出状況から両種の共存は考えにくい。大型遺体は広域的に分布していた主要な樹種が中心となり局地的な個体群は認めにくいことを踏まえれば，より分布範囲の広い花粉の場合，ツガ型とした

花粉がツガに由来する可能性は十分にある。各花粉の消長から，ツガはコメツガに比べ減少した時期が早く，その分布はさらに限定的に縮小したものと考えられる。

現存する東北地方から北海道の主要な森林を，北東アジア全域の中で検討した植生地理学的な研究（沖津，2000）では，その基本的配列として，北日本南部（より下部）にコナラ林，北部（より上部）にミズナラ林，北方林への移行域にトドマツーミズナラ林，そして北方林にエゾマツートドマツ林を主要な森林として位置づけている。この中で，トドマツーミズナラ林は大陸部に広い分布域



Table 3. the estimated area distribution under different temperature changes in the 30km radius area at Sekai-yachi moor (above) and Minaminasu-machi (below). (Estimated areas are calculated as warmth index and shown by  $\times 10\text{km}^2$ , the estimation method is shown in Egami & Uchiyama, 2004).

表3 世界谷地湿原（上段）と南那須町（下段）を中心とする半径30km 以内の地域における気温変化にともなう面積変化（温量指数で分類された各階級値に含まれる面積 $\times 10\text{km}^2$ で示している．その推定方法は江上・内山，2004に示されている）．

	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
10	2.09	0.14							
20	31.88	12.79	4.27	0.82	0.00				
30	90.54	58.66	30.13	12.45	4.49	0.94	0.01		
40	110.19	98.61	70.74	44.58	21.24	8.70	3.01	0.44	1.88
50	48.01	104.69	108.33	88.06	62.00	35.54	15.71	6.32	10.18
60		7.82	69.22	95.28	93.90	70.31	47.18	24.62	28.61
70				41.51	79.92	86.35	68.93	48.79	51.88
80					21.15	75.50	81.30	71.31	77.71
90						5.35	66.51	79.25	74.38
100							0.06	51.96	38.03
110									

	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
20	0.01								
30	1.12	0.17	0.00						
40	9.11	2.68	0.69	0.06					
50	137.13	23.98	5.15	1.63	0.35	0.01			
60	135.33	197.82	52.57	8.47	2.41	0.66	0.06		
70		58.06	200.17	83.06	12.68	3.02	0.93	0.13	0.00
80			24.32	188.01	124.60	19.99	4.11	1.25	0.27
90				1.47	142.66	164.33	32.14	5.65	1.71
100						94.68	178.89	40.71	6.47
110							66.57	178.25	40.96
120								56.70	176.58
130									56.71

を持ち、針広混交林の主体とされ、落葉広葉樹にはミズナラ以外にシナノキ、カエデ類を共通種として挙げている．ただし、北海道やサハリンを除く地域では針葉樹としてチョウセンゴヨウが主体となっている．

したがって、最終氷期最盛期に広範囲に想定されてきた「亜寒帯性針葉樹林」は五葉性マツ属（単維管束亜属）を主要な構成種とすることから、大陸部の森林に類似するものといえる．ただし、北方系や本州系針葉樹（守田・藤木，1997）を含んでおり多様性の高い森林といえよう．

他方、花粉および種実等の大型遺体から検討された約2万年前の関東地方の植生（辻ほか，1984，鈴木ほか，1993）では、チョウセンゴヨウやトウヒ属を主要素とす

る森林が北関東に広く成立していたことが示されており、栃木県（南那須町）（内山・江上，2004）や本研究（世界谷地湿原）においても確認された．さらに、千葉県野田市（Sakaguchi, 1987）や八千代市新川低地（稲田ほか，1998）においても同様の「亜寒帯針葉樹林」の存在が報告されている．しかし、八千代市の例では同属の針葉樹を亜寒帯と結びつけるには随伴する分類群からは無理がある．すなわち、スギやアカガシ亜属を含む一方、野田市の場合と同様にカバノキ属を付随していないことから亜寒帯性の針葉樹林の成立とは見なしがたく（内山，2005），移行帯植生のなかではより温暖な種群によって構成されていた針・広混交林とみなすべきであろう．したがって、最寒冷期の関東地方から東北地方にかけての広範囲に成

立していた植生は、大陸と共通するコナラ亜属とマツ科針葉樹の混交林を中心として、南部では温帯性の種群を含みながらも北方にかけて疎林化の進行と針葉樹林の増加を伴う緯度的な変化を示すものであった。

## 謝辞

本研究は千葉経済大学短期大学部の平成17年度共同研究助成費を受け実現したものであり、共同研究関係諸氏にお礼申し上げます。また、栗駒山世界谷地湿原の第1回現地調査以来、ブナ林をはじめとした調査地の情報に関して、千葉県立中央博物館 原正利氏より提供をいただきました。さらに顕微鏡器材の設定には(株)明文館器械興業 伊藤和道氏の御協力をいただきました。ここに篤くお礼申しあげます。

## 引用文献

- 大橋広好. 2. 東北地方のフロラの概要, 宮脇 昭編著 「日本植生誌, 東北」: 88-93, 1987. 至文堂
- Sohma, K Two Late-Quaternary pollen diagrams from northeast Japan. *The Science Reports of the Tohoku University*, 4 th ser.(Biology) **38**: 351-369, 1984.
- 内山 隆. 日本の冷温帯林および中間温帯林の成立史, 植生史研究, **11**. No. 2 : 61-71., 2003.
- 守田益宗・藤木利之. 東北地方南部における過去50,000年の植生史, 日本花粉学会会誌, **43** (2) : 75-86, 1997.
- J. McLachlan, et.al. MOLECULAR INDICATORS OF TREE MIGRATION CAPACITY UNDER RAPID CLIMATE CHANGE, *Ecology*, **86**: 2088-2098, 2005.
- 内山隆・江上邦博. 太平洋側ブナ自然林の花粉分析学的研究, 千葉経済大学短期大学部 初等教育科学研究紀要 第26・27号: 55-72, 2004.
- 宮城豊彦. I 世界谷地湿原の地形及び地質. 「世界谷地湿原学術調査報告書」, 1-19., 1985. 宮城県.
- 内山 隆. ブナ属花粉の形態について 花粉 第15号: 2-10, 1980.
- 内山 隆. 中間温帯林域における花粉分析学的研究 その2 東北地方北東部, 日本花粉学会会誌 第36巻 第1号: 17-32, 1990.
- 日比野紘一郎. 世界谷地湿原における花粉分析的研究. 「世界谷地湿原学術調査報告書」, 20-38, 1985. 宮城県
- 平吹喜彦. 栗駒山・栃が森山周辺. 森林科学 第31号: 41-44, 2001.
- 八重樫 隆他. 栗駒山の自然を訪ねて. 亜高山帯 p.124, 2002. 「一ノ関の自然」刊行委員会 編集
- 菅原亀悦・飯泉 茂. 3. 宮城県の植生 宮脇 昭編著 「日本植生誌, 東北」: 461-470, 1987. 至文堂
- 宮脇 昭. 関東地方潜在自然植生図, 宮脇 昭編著 「日本植生誌, 関東」, 1986. 至文堂
- 高原 光. 日本産ツガ属花粉の形態, 京都府立大学農学部演習林報告, 第36号: 45-55. 1992.
- 中村 純. 1. ヴェルム氷期後期(晩氷期を含む)の植生, 「花粉分析」232p. 1973. 古今書院
- H.E.Wright,Jr.,J.E.Kutzbach, T.Webb III, W.F.Ruddiman, F.A.Street-Perrott, and P.J.Bartlein, editors. GLOBAL CLIMATES since the Last Glacial Maximum, 569p. 1993. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis London
- 小崎 尚・岩田修二. § 15 氷河・周氷河現象, 「日本第四紀地図 解説」: 74-79, 1987. 日本第四紀学会 編
- 鎮西清高. § 19 海況, 「日本第四紀地図 解説」: 89-91, 1987. 日本第四紀学会 編
- 辻 誠一郎. 下末吉期以降の植生変遷と気候変化, アーバンクボタ NO. 21: 44 - 47, 1983.
- 江上邦博・内山 隆. 国土数値情報を用いた中間温帯林域における植生史研究, 千葉経済大学短期大学部 研究紀要 第1号: 35-53, 2005.
- 吉良龍夫. 日本の森林帯: 42p, 1949. 日本林業技術協会
- 相馬寛吉・辻 誠一郎. § 17 植生, 「日本第四紀地図 解説」: 80-86, 1987. 日本第四紀学会 編
- 沖津 進. 北日本の主要な森林の北東アジアにおける植生地理学的位置付け, 国土館大学地理学報告 No. 9: 1-11, 2000.
- 辻誠一郎・南木睦彦・鈴木三男. 栃木県南部, 二宮町における立川期の植物遺体群集. 第四紀研究 **23**: 21-29, 1984.
- 鈴木正章・吉川昌伸・遠藤邦彦・高野司. 茨城県桜川低地における過去32,000年間の環境変遷. 第四紀研究 **32**: 195-208, 1993.
- Sakaguchi, Y. Japanese Prehistoric Culture Flourished in Forest-grassland Mixed Areas. : *Bull. Dept. geogr., univ. Tokyo*. **19**, 1-19, 1987.
- 稲田 晃・大浜和子・島村健二. 千葉県八千代市新川低地における最終氷期後期以降の植生変遷, 第四紀研究, **37** (4) : 283-298, 1998.
- 内山 隆. 房総の森林変遷, 日本花粉学会設立40周年記念シンポジウム「房総の森と花粉科学」要旨集: 20-24, 2005.